

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-319196

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 2 1 K 5/04

G 2 1 K 5/04

C

G 0 1 T 1/29

G 0 1 T 1/29

B

G 2 1 K 1/04

G 2 1 K 1/04

Z

H 0 5 G 2/00

H 0 5 G 1/00

K

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-125248

(22) 出願日 平成9年(1997)5月15日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 長谷川 正樹

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 平井 康晴

埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会

社日立製作所基礎研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】 X線光軸調整装置

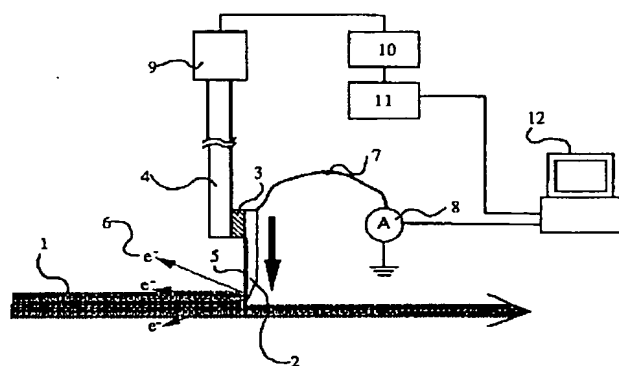
(57) 【要約】

【課題】 蛍光板によって軟X線からX線領域の光を可視化する方法では、1mm以下の精度で詳細なX線ビームの強度プロファイルやビームパスの位置を知ることができなかった。

【解決手段】 軟X線からX線領域のX線ビームを鋭利なナイフエッジを持った板やワイヤーで少しずつ遮蔽していきながら、ビーム強度の変化を図ることにより、ビーム強度分布を計測し、かつビームの中心位置を精度良く計測し、X線ビームの位置をエッジの位置を以て空間中に同じ精度でマークする。

【効果】 本発明によれば、X線ビームの実際のパスを精度良くかつ簡便に測定でき、ビームライン装置の各光学コンポーネントの調整を素早くかつ精度良く行うことができる。

図1



1…X線ビーム、2…エッジ板、3…絶縁体、4…支持部材、5…膜、6…光電子、7…信号線、8…電流計、9…モーター付直進導入器、10…ドライバー、11…コントローラー、12…コンピューター

(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】電子蓄積リングの偏向磁石や挿入光源、あるいはレーザープラズマX線源等から放射される軟X線から硬X線領域のX線ビームを、ビームライン装置を経由して試料上の所望の位置に照射するため、当該X線ビームの通過位置あるいは断面形状を測定するためのX線遮蔽体を、当該X線ビームを横切るように自動あるいは手動で移動させることを特徴とするX線光軸調整装置。

【請求項2】請求項1記載のX線遮蔽体が、一辺あるいは複数辺のナイフエッジを有する板である、X線項軸調整装置。

【請求項3】請求項1記載のX線遮蔽体が、ワイヤーである、X線項軸調整装置。

【請求項4】請求項1から3記載の1つまたは複数のX線遮蔽体の移動方向が、当該X線ビームを横切り、かつ互いに直交する2方向であることを特徴とする光軸調整装置。

【請求項5】請求項1から4記載のX線遮蔽体が、当該X線ビームの光軸位置を測定するため光軸上の複数の位置に設置され、また当該X線ビームの断面形状を測定するため光軸上の複数の位置に設置されたことを特徴とするX線光軸調整装置。

【請求項6】請求項1から5記載のX線遮蔽体の光源側に、不要なエネルギーの放射光を除去するためのフィルターを配し、自動または手動で位置あるいはフィルターの種類の調整可能なことを特徴とする、X線光軸調整装置。

【請求項7】請求項6におけるフィルターが、高エネルギーX線成分のみを透過させるフィルターであることを特徴とする、X線光軸調整装置。

【請求項8】請求項7におけるフィルターが、Be、Al、Ti、Ni、BN、Fe、Cu、C、Si等の箔である、X線光軸調整装置。

【請求項9】X線遮蔽体に対して光源反対側にX線検出器を配することを特徴とする、請求項1から8記載のX線光軸調整装置。

【請求項10】導電性のX線遮蔽体が絶縁して支持棒に取り付けられ、X線照射によりX線遮蔽体に流れる電流を電流計等で検出することを特徴とする、請求項1から8記載のX線光軸調整装置。

【請求項11】X線遮蔽体に金、白金、銀等の光電子発生効率の高い物質を蒸着したことを特徴とする、請求項10記載のX線光軸調整装置。

【請求項12】X線遮蔽体位置の光源側にレーザー光をX線ビーム光軸に沿って導入することが可能なミラーを配し、X線遮蔽体位置に対して光源と反対側に、導入したレーザー光を観察する装置を配し、当該X線ビームの通過を当該レーザー光により模擬することができることを特徴とする、請求項1から11記載のX線光軸調整装置。

2

【請求項13】請求項12記載のX線光軸調整装置において、導入したレーザー光を観察する装置が、X線ビームの光軸外にレーザーを偏向するミラーであることを特徴とするX線光軸調整装置。

【請求項14】請求項13記載のX線光軸調整装置において、導入したレーザー光を観察する装置が、レーザースポットがX線ビームの光軸外より観察できるスクリーンであることを特徴とするX線光軸調整装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、軟X線からX線領域のX線ビームのビームライン装置にかかわり、ビームラインを構成する光学素子の光軸合わせを行うための技術に属する。

## 【0002】

【従来の技術】電子あるいは陽電子蓄積リングからの放射光や、レーザープラズマX線源からの軟X線からX線領域の光（以下X線と略す）を利用するため、試料上に効率良くX線を導くために設置されるビームライン装置では、様々な形状の反射鏡や回折格子分光器、二結晶分光器、あるいはスリットやピンホール、フィルターなどの多くの光学コンポーネントが使われる。これらの光学コンポーネントは測定に適した物理的性質をもったX線を効率的に導くために、設計された配置通りに設置されなければならない。光学コンポーネントの設置のためには、光源からのX線、あるいは、一つまたは複数の光学コンポーネントを経た後のX線が、実際にどのようなパスを通過しているか空間的にどのような強度分布を持っているかを把握することが不可欠である。

【0003】X線は目視できないため、通常の可視光による光学実験と異なる方法が必要である。また、偏向電磁石からの放射光は可視光成分が存在するため、蓄積リングと真真空につながっている軟X線用ビームライン等では、この可視光を使って荒い光軸合わせを行うことが可能であるが、真のX線強度分布は可視光の強度分布と異なるために測定できない。また、Beフィルター等が設置され可視光が遮断されてしまう硬X線ビームラインや、飛散粒子の分析室内への侵入を防ぐためフィルターが設けられるレーザープラズマX線源等では、光源からの可視光成分も利用できない。このため、ビームライン光学コンポーネントの光軸合わせを行うためにはX線自体の通るパスを測定する必要がある。また、放射光可視光成分を利用し得るビームラインにおいても、実際にX線のパスを正確に把握することは、光学コンポーネント設置の最適化、特に分光器等の設置のためには重要なことである。これまで、X線を利用するための、光学コンポーネント光軸合わせにおいては、蛍光板などを光路上に設置し、X線を可視化することによって行われてきた。あるいは、この方法により判明したX線パスの凡その位置や設計上の光路を頼りに、オートレベルなど測量

(3)

3

機器を用いて反射鏡などの設置を行っていた。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 X線源が高輝度化されたり、あるいはスリット等でビーム形状を整形してビーム断面形状をサブmmサイズ以下にする場合、蛍光板によってX線を可視化する方法では、1mm以下の精度で詳細な強度プロファイルやビームパスの位置を知ることが困難であった。また、放射線防護の観点から、X線発生中の蛍光板の観察はカメラなどを通した観察となり、さらに詳細に強度分布のピーク位置をもとめることは困難である。また、設計上のビームパスは、光学素子の製作精度などにより実際のビームパスと一致しないことがあり、最適の設置を行うまでに膨大な労力と時間がかかっていた。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】 軟X線からX線領域のX線ビームを、鋭利なナイフエッジを持った板やワイヤーなどのX線遮蔽体で少しずつ遮蔽していきながら、X線ビーム強度の変化を図ることにより、mmより良い精度でX線ビーム強度分布を計測し、かつ最も強度の高い位置、すなわちビームの中心位置をmmより良い精度で計測した後、エッジの位置を以てX線ビーム位置を空間中にマークする。

#### 【0006】

##### 【発明の実施の形態】

<実施例1>本発明の主たる構成要素である、軟X線からX線領域のX線ビーム（以下X線ビームと略す）の強度プロファイル測定装置を、X線ビームの鉛直方向プロファイル測定を例として説明する。図1は光源から発生したX線ビーム1が図中左から右へと通っている様子を水平方向から眺めた図である。X線ビームは実際には真空パイプ中を通っているが、本図では省略してある。また、放射線防護のための遮蔽物等も省略した。このX線ビームの鉛直方向の強度プロファイルを測定するためには、例えば、鋭利なナイフエッジを持ったエッジ板2がX線ビーム上方あるいは下方から鉛直軸に沿って、X線ビームを遮るように移動させる。エッジ板2は導電性材料（例えばSUS304やアルミ材）で製作され、また絶縁物3を介して支持部材4に設置されている。また、エッジ板2の光源側には、放射光ビームの照射による光電子発生がより効果的に起こるよう、Au、Pt、AgなどのX線に対して光電離の断面積の大きい材料の膜5を蒸着等の方法によって形成しておいてもよい。好まれる実施例としては、真空蒸着法によりAuを厚み1000～2000Å程度つけられればよい。エッジ板2がX線ビーム1を遮ると、光電子6が発生する。エッジ板2は絶縁されて取り付けられているので、信号線7を通して電流が流れ、この電流を電流計8で測定する。

【0007】 エッジ板2を図中矢印の方向に進ませながら、エッジ板2を流れる電流を測り、エッジ板2の移動

4

量と電流計8の測定値をプロットすると、図2のような曲線が得られる。始めエッジ板2のナイフエッジがX線ビーム1にかかっていないときは、ノイズ成分を除いて電流量にほとんど変化はない。これが図2中、領域1と斜線を施した領域である。エッジ板2のナイフエッジがX線ビーム1を遮り始めると、X線ビーム1を遮った量および強度に応じて電流量は増加する。これが図2中、領域2と斜線を施した領域である。完全にエッジ板2がX線ビーム1を遮ってしまうと、エッジ板2の移動量に関係なく、X線ビーム1の全強度に応じた電流が流れ続ける。これが図2中、領域3と斜線を施した領域である。

【0008】 この曲線は、エッジ板2の移動機構としてモーター付直進導入器9を設置し、このモーター付直進導入器9のドライバー10をコントロールするコントローラー11を、コンピューター12により制御し、かつ、電流計8もコンピューター12によって制御することにより、非常に簡便かつ、迅速に得ることができる。また、遠隔操作に何の支障もないため、放射線防護上、人が立ち入れない場合においても、X線ビーム1の詳細な強度プロファイルを得ることができる。この曲線をエッジ板2の移動量でコンピューター12により数値的に微分すると、図3に示した、X線ビーム1の強度プロファイルを得ることができる。この強度プロファイルのピーク位置がこのX線ビーム1のパスの中心位置である。この様にして求めた強度プロファイルの精度はエッジ板移動の移動量の精度で決まっており、エッジ板の移動をステッピングモーターなどを用いて行えばマイクロオーダーの精度で決定できる。さらに、ピエゾ素子との併用により、ナノメートルオーダーの精度も不可能ではない。

【0009】 エッジ板2の移動量についてのデータをコンピュータ12に記憶させておけば、X線ビーム1の通る位置を後から何度でも、知ることができる。また、コンピュータ12に記憶されたX線ビーム1の中心位置に再びエッジ板2のナイフエッジを移動させれば、X線ビーム1の位置を空間中にマーキングすることができ、X線ビーム1の位置測定のデータを、レーザー光導入やオートレベルによる観察など、可視光を用いた調整に容易に利用することができる。X線ビーム1の位置および強度プロファイル測定用のナイフエッジシステムと、ビーム位置マーキング用のナイフエッジシステムを、各々独立のナイフエッジシステムとして構成してもよい。

【0010】 本発明によれば、X線ビームのパスを精度良くかつ簡便に測定でき、ビームライン装置の各光学コンポーネントの調整を素早くかつ精度良く行うことができる。

【0011】 <実施例2>本実施例はX線遮蔽体としてエッジ板ではなくワイヤーを用いた例である。図4は図1と同様の図である。このX線ビームの鉛直方向の強度

(4)

5

プロファイルを測定するためには、ワイヤー13がX線ビーム上方あるいは下方から鉛直軸に沿って、X線ビーム1を遮るように移動させる。ワイヤー13は導電性線材で製作され、また絶縁物14を介して支持部材15に設置されている。また、ワイヤー13は、X線ビームの照射による光電子発生がより効果的に起こるよう、Au、Pt、Agなど軟X線からX線領域の光に対して光電離の断面積の大きい材料で製作するとよい。あるいは、ワイヤー13にこれらの材料の被膜を形成しておいてもよい。ワイヤー13がX線ビーム1を遮ると、光電子5が発生する。ワイヤー13は絶縁されているので、信号線7を通して電流が流れ、この電流を電流計8で測定する。その他の構成は実施例1と同様である。

【0012】まず、ワイヤー13の径がX線ビームの幅よりも充分大きい場合については、実施例1と同様の操作でビームの位置とプロファイルとを求めることができる。ワイヤー13の径がX線ビーム1の幅よりも充分小さい場合は、ワイヤー13を図4中矢印の方向に進ませながら、ワイヤー13を流れる電流を測り、ワイヤー13の移動量と電流計7の測定値をプロットすることにより、図3の曲線と同じ曲線を直接得ることができる。その場合、強度プロファイルの位置精度はワイヤー13の太さで決定される。

【0013】本発明によれば、信号の微分あるいは差分をとることなく、X線ビームのパスを精度良くかつ簡便に測定でき、ビームライン装置の各光学コンポーネントの調整を素早くかつ精度良く行うことができる。

【0014】<実施例3>実施例1では、X線ビーム1の鉛直方向の位置と強度分布を求めることができたが、水平方向の位置および強度分布については測定することができなかった。図5に示した実施例は、実施例1におけるナイフエッジシステムを2軸利用し、X線ビーム1の鉛直、水平両方向の位置と強度プロファイルを求めるための構成である。X線ビーム1が進む方向をy軸とし、鉛直方向をz軸、水平方向をx軸としたとき、実施例1のエッジ板2の移動がx軸、z軸に沿うように設置してある。その他の電流測定系やエッジ板駆動系は実施例1と同様なので省略してある。エッジ板2の代わりにワイヤー13を用いる場合も全く同様に構成することができる。

【0015】本実施例によればX線ビームの鉛直、水平両方向の位置および強度プロファイルを測定することができる。

【0016】<実施例4>実施例3においては、エッジ板やワイヤーといったX線遮蔽体を2個使い、2方向から導入していた。この場合、真空チャンバへの導入ポートが2つ必要である。しかしながら、真空ゲージポート等、他の真空コンポーネントとの共用が必要であるとき、できるだけ占有するポートを少なくする必要がある。そこで、図6(a)に示すように1枚の板16に鉛

6

直、水平両方向のエッジ17が形成されているようなエッジ板を用いれば、鉛直上方から1つの真空ポートを介して導入し、図中x軸およびz軸方向に2次的に動かすことにより、X線ビームの位置と強度分布を鉛直、水平両方向で測定することができる。

【0017】ワイヤーの場合は図6(b)の様に枠18に2本のワイヤーを直行して張ったものを用いれば、エッジ板16の場合と同様の効果がえられる。

【0018】本実施例によれば1つの真空ポートを使うだけで、X線ビームの位置と強度分布を鉛直、水平両方向で測定することができる。

【0019】<実施例5>偏向電磁石からの放射光など、広い範囲にわたるエネルギーをもった光が発生しているとき、X線ビームの位置や強度分布の測定において、低エネルギー光の混入によるビーム位置のずれや強度プロファイルのブロードニングを避ける必要がある。特に、放射光光源の場合の軟X線ビームライン装置の場合は、光源からの低エネルギー側の光を遮るものが何もない場合が多く、このような低エネルギー側の光の遮蔽は重要である。図7の示した実施例は、X線光軸調整装置の光源側にフィルター19を挿入し、高エネルギー成分のみで、ビーム位置および強度プロファイルを測定することをねらったものである。フィルター19として、Be、Al、Ti、Ni、BN、Fe、Cu、C、Si等の箔を用いることができる。フィルター19は、直進導入器に設置されている支持部材20に取り付けられており、必要に応じて手動、あるいは自動でX線ビームパスへの抜き差しが可能である。

【0020】本実施例によれば、低エネルギー光の混入を防止し、必要な軟X線成分のみのX線ビーム位置や強度プロファイルを測定することができる。本図ではX線ビームプロファイル測定装置として実施例1に記載したナイフエッジの場合のみ図示した。ワイヤーを用いた実施例2記載の構成でも同等の効果がえられる。

<実施例6>これまでの実施例は、主にX線ビーム位置および強度プロファイルの測定装置に関して述べた。本実施例では、これらによって判明したX線ビームの位置を用いて反射鏡などのビームライン光学コンポーネントの調整を行うための装置について述べる。図8にこのシステムの概略図を示した。

【0021】実施例1に示したようなナイフエッジシステム21、22が、X線ビームの光路23上2箇所設置されている。両ナイフエッジシステムによりX線強度プロファイルをそれぞれの位置で測定し、例えば最大の微分電流値(図3参照)が得られるナイフエッジの位置からX線ビームパスを決める。次に、ナイフエッジシステム21の光源側には反射鏡24が鉛直軸に対して45度傾けて設置されており、X線ビームの軸外からレーザー25からの可視光が導入でき、X線ビームのパス23に沿ってレーザー光を通すことができる。

(5)

7

【0022】まず、ナイフエッジシステム21のエッジの位置をX線ビームの中心位置に設定しておく。次に、ナイフエッジシステム21のエッジによって形成される回折パターン中のある一つの暗線の位置と幾何学的な影の位置との差をあらかじめ計算しておき、後ろ側のエッジ板システム22のエッジの位置を、回折パターンの暗線の位置になるように移動しておく。レーザー25からのレーザー光をX線ビームのパス23に沿わせるためには、レーザー25の向きを調整し、レーザー光のスポットのちょうど半分がナイフエッジシステム21のエッジ板の表面上に写るようにし、これによって生成された回折パターンの暗線がナイフエッジシステム22のエッジ位置に来るようにする。これで鉛直方向に、レーザー25からのレーザー光とX線の光路23が一致したことになる。

【0023】水平方向には、鉛直方向の調整をするのと同様に、水平方向のX線ビーム位置測定用のナイフエッジシステムを加えて調整してもよいし、X線ビームが水平に通ることがわかっていれば、オートレベルによってレーザー25を水平面内で回転し、向きをあわせればよい。また、レーザー光が水平面内で平行にずれていれば、エッジ板を光路から退避させ、後ろに設置した反射鏡26によってレーザービームの位置を確認しながらレーザー25を水平に動かせばよい。反射鏡26を単なるスクリーンで代えてもよい。

【0024】上記の様にレーザー光をX線ビームの光路に合わせたあと、エッジ板や反射鏡などを光路上からはずして、レーザービームを通過させ、調整したい光学コンポーネントに入射させる。光学コンポーネントの調整は、上記の様に導入されたレーザー光の光学コンポーネント通過後の挙動を見て行えばよい。

【0025】本実施例によれば、正確に求められたX線ビームパスにレーザー光などの可視光ビームを沿わせることができ、容易にビームライン光学コンポーネントの光軸合わせができる。本実施例ではX線ビームプロファイル測定装置として実施例1に記載したナイフエッジシステムを用いた。ワイヤーを用いた実施例2記載の構成でも同等の効果がえられる。

【0026】＜実施例7＞これまでの実施例では、X線ビームの強度プロファイルの測定に、エッジ板やワイヤーなどX線遮蔽体に流れる電流を測定していた。図9に示した実施例ではエッジ板の後方にX線検出器27を設置し、X線強度を測定する。X線検出器27は、支持部材28に設置され、図中矢印の方向に可動であり、必要のないときは手動、あるいは自動でX線ビームパスからはずすことができる。また、X線検出器27としてエネ

8

ルギー分散型半導体検出器などを用いれば、所望のエネルギーのX線ビームの位置やプロファイルを測定することができる。X線検出器27からの信号は、てコンピュータ12により制御されている信号処理系29を通してコンピュータ12に入力される本実施例によれば、より精密なX線ビーム位置および強度測定を行うことができる。本実施例ではX線ビームプロファイル測定装置として実施例1に記載した様なナイフエッジシステムを用いた。ワイヤーを用いた実施例2記載の様な構成でも同等の効果がえられる。

【0027】

【発明の効果】本発明により、ビームライン装置において軟X線からX線領域のX線ビームが通る位置及び強度プロファイルを精密に測定でき、かつ、X線ビームが通る位置を鋭利なエッジを持つ板やワイヤー等のX線遮蔽体のエッジ位置により空間中にマーキングができるため、ビームライン装置の光学コンポーネントの調整を迅速かつ精密に行うことができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】ナイフエッジを用いたX線ビームプロファイル測定装置。

【図2】電流測定結果図。

【図3】強度プロファイル図。

【図4】ワイヤーを用いたX線ビームプロファイル測定装置。

【図5】X線ビーム強度プロファイルの2次元測定の構成。

【図6】X線ビーム強度プロファイル2次元測定用X線遮蔽体の例。

【図7】低エネルギー成分除去のためフィルターを設けた実施例図。

【図8】光学コンポーネント調整のためのレーザービーム導入システム図。

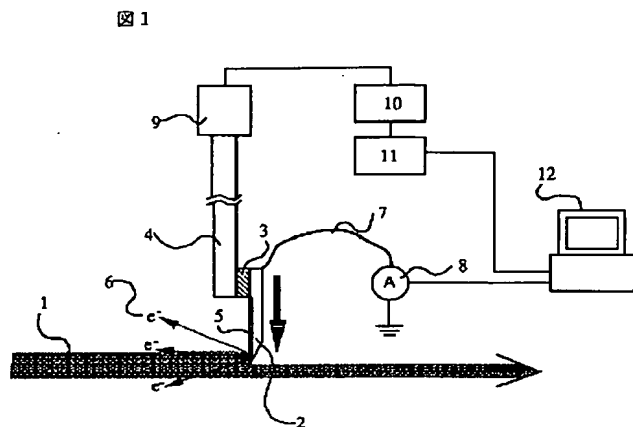
【図9】X線ビームプロファイル測定装置後方にX線検出器を配した図。

【符号の説明】

1…X線ビーム、2…エッジ板、3…絶縁体、4…支持部材、5…膜、6…光電子、7…信号線、8…電流計、9…モーター付直導入器、10…ドライバー、11…コントローラー、12…コンピューター、13…ワイヤー、14…絶縁体、15…支持部材、16…板、17…エッジ、18…枠、19…フィルター、20…支持部材、21…ナイフエッジシステム、22…ナイフエッジシステム、23…X線ビームのパス、24…反射鏡、25…レーザー、26…反射鏡、27…X線検出器、28…支持部材、29…信号処理系。

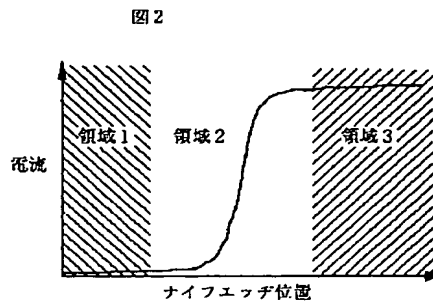
(6)

【図1】

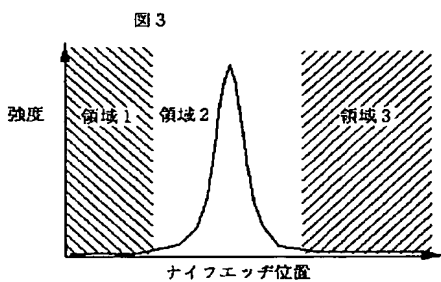


1…X線ビーム、2…エッジ板、3…絶縁体、4…支持部材、5…膜、6…光電子、7…信号線、8…電流計、9…モーター付直進導入器、10…ドライバー、11…コントローラー、12…コンピューター

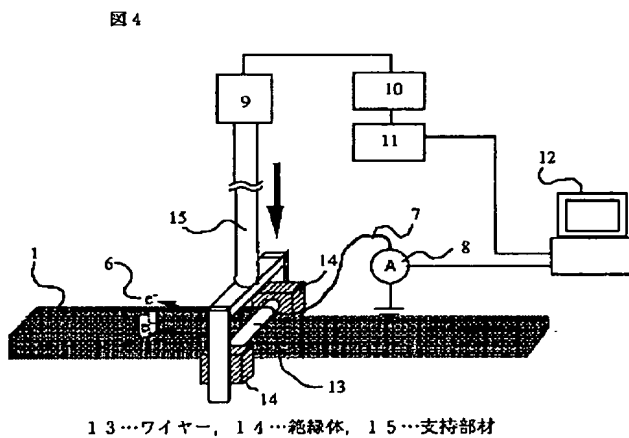
【図2】



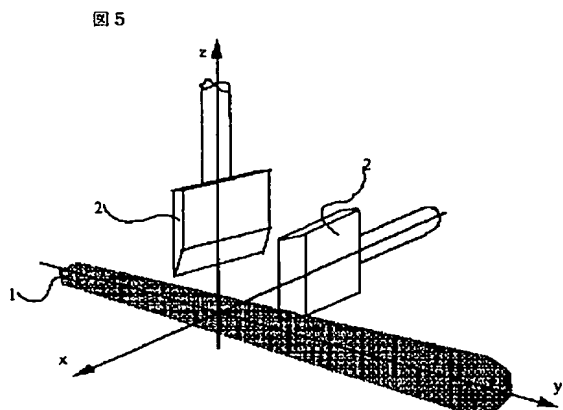
【図3】



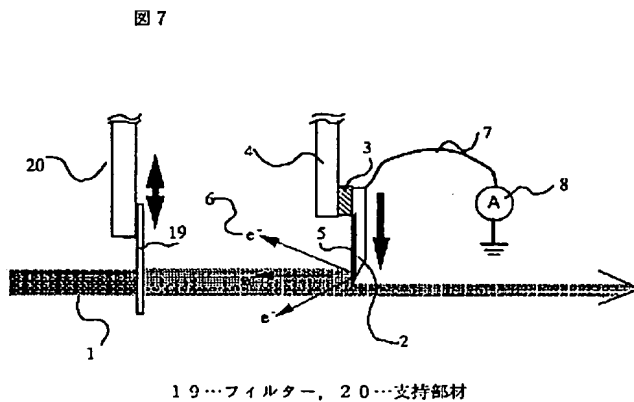
【図4】



【図5】

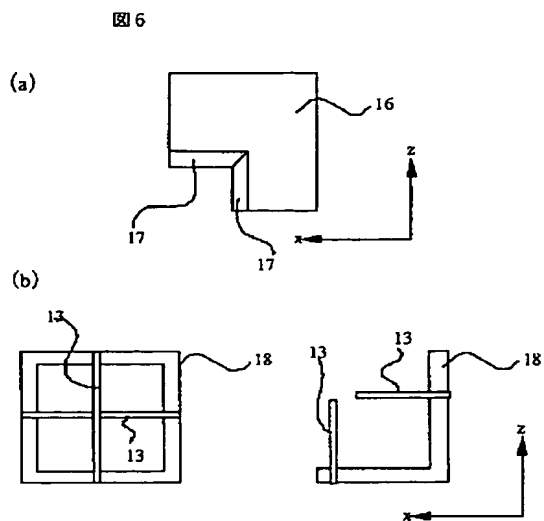


【図7】



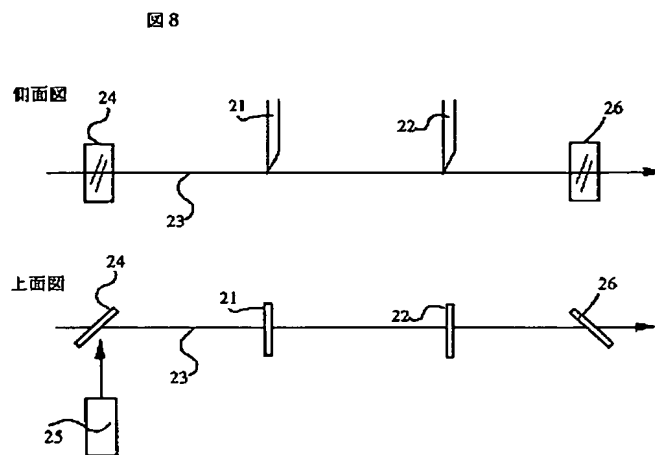
(7)

【図6】

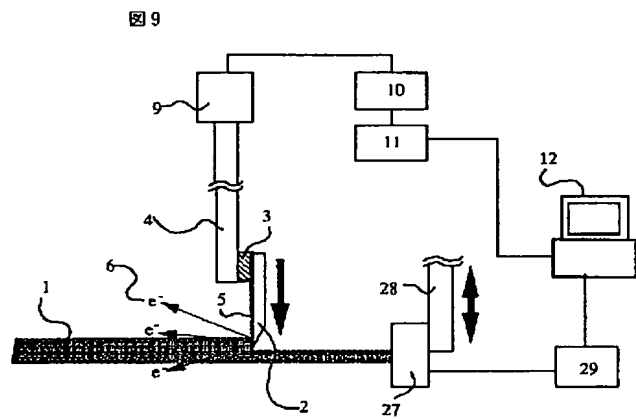


16…板, 17…エッジ, 18…枠

【図8】

21…ナイフエッジシステム, 22…ナイフエッジシステム,  
23…X線ビームのパス, 24…反射鏡, 25…レーザー, 26…反射鏡

【図9】



27…X線検出器, 28…支持部材, 29…信号処理系

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**